



Abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente para o ensino de Termodinâmica nas Mudanças Climáticas para alunos do Ensino Médio¹

Raffael Frota Souto Teixeira²

Universidade Estadual do Ceará (UECE)
<https://orcid.org/0009-0003-2384-5153>

Gilberto Dantas Saraivaa³

Universidade Estadual do Ceará (UECE)
<https://orcid.org/0000-0003-4912-6213>

Antônio Joel Ramiro de Castro⁴

Universidade Federal do Ceará (UFC)
<https://orcid.org/0000-0003-3489-8712>

Resumo: Este estudo implementou uma sequência didática (SD), composta por aulas expositivas interativas, Avaliação Diagnóstica e de Resultados, destinada aos alunos de Ensino Médio, cujas atividades foram embasadas em textos científicos, jornalísticos e aplicativos de celular, focando nos efeitos da relação entre os princípios da Termodinâmica e as Mudanças Climáticas. Foram discutidos fenômenos como o Efeito Estufa, *El Niño* e *La Niña*, assim como as recentes Ondas de Calor, aplicando-os a uma perspectiva local, sob a ótica da Física. O cerne desta proposta reside em uma abordagem integrada de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Os resultados mostraram que foi possível promover, conceitualmente e por meio de ações interdisciplinares, o pensamento crítico e reflexivo nos estudantes, capacitando-os para serem indivíduos conscientes do papel social e integrador da Ciência e da Tecnologia.

¹ Recebido em: 16/12/2023. Aprovado em: 25/08/2024.

² Professor e empregado público federal. Graduado em Física (Licenciatura) pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). Graduado em Direito (Bacharelado) pela Faculdade Dom Adélio Tomasin (FADAT). Especialista em Ensino de Física pela Faculdade Única de Ipatinga (ÚNICA). Mestrando em Ensino de Física pela Universidade Estadual do Ceará (UECE). raffaelfisica@gmail.com

³ Nascido em IBICUITINGA-CE. Licenciado em Ciências pela Universidade Estadual do Ceará (1999). Bacharel (2003), Mestre (2004) e Doutor (2008) em Física pela Universidade Federal do Ceará. Pós-Doutorado pela Pennsylvania State University (2013). Atualmente é Professor Associado O e membro permanente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Faculdade de Educação, Ciências e Letras do Sertão Central, em QUIXADÁ. Atuando na aplicação da Espectroscopia Raman em materiais nanoestruturados, molibdatos (tungstatos) e ácidos graxos, com ênfase em transições de fases sob altas pressões (hidrostática) e temperatura. gilberto.saraiva@uece.br

⁴ Possui graduação em Licenciatura Plena em Física pela Universidade Estadual do Ceará (2009) e Doutorado em Física pela Universidade Federal do Ceará (2018). Professor da UFC – Campus Quixadá, desde 2015. joelcastro@fisica.ufc.br

Palavras-chave: Efeitos Termodinâmicos. Mudanças Climáticas. Aprendizagem Significativa. Educação Ambiental. Ensino de Física.

Enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente para enseñar Termodinámica del Cambio Climático a estudiantes de secundaria

Resumen: Este estudio implementó una secuencia didáctica (SD), compuesta por clases expositivas interactivas, diagnóstico y Evaluación de Resultados, dirigida a estudiantes de secundaria, cuyas actividades se basaron en textos científicos, periodísticos y aplicaciones para celulares, centrándose en los efectos de la relación entre principios de Termodinámica y Cambio Climático. Se discutieron fenómenos como el Efecto Invernadero, El Niño y La Niña, así como las recientes Olas de Calor, aplicándolos a una perspectiva local, desde la perspectiva de la Física. El núcleo de esta propuesta reside en un enfoque integrado de Ciencia, Tecnología, Sociedad y Medio Ambiente (CTSA). Los resultados muestran que fue posible promover, conceptualmente y a través de acciones interdisciplinarias, el pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes, permitiéndoles ser individuos conscientes del papel social e integrador de la Ciencia y la Tecnología.

Palabras-clave: Efectos Termodinámicos. Cambios Climáticos. Aprendizaje Significativo. Educación Ambiental. Enseñanza de física.

Science, Technology, Society and Environment approach to teaching Thermodynamics of Climate Change to high school students

Abstract: This study implemented a didactic sequence (SD), composed of interactive expository classes, Diagnostic and Results Assessment, aimed at high school students, whose activities were based on scientific and journalistic texts and cell phone applications, focusing on the effects of the relationship between principles of Thermodynamics and Climate Change. Phenomena such as the Greenhouse Effect, El Niño and La Niña were discussed, as well as recent Heat Waves, applying them to a local perspective, from the perspective of Physics. The core of this proposal lies in an integrated approach to Science, Technology, Society and Environment (CTSA). The results show that it was possible to promote, conceptually and through interdisciplinary actions, critical and reflective thinking in students, enabling them to be individuals aware of the social and integrative role of Science and Technology.

Keywords: Thermodynamic Effects. Climate Changes. Meaningful Learning. Environmental Education. Teaching Physics.

INTRODUÇÃO

Despertar o interesse pelo conhecimento científico, particularmente em relação à Física, é uma árdua tarefa para os professores em relação a muitos estudantes brasileiros, sobretudo aqueles que frequentam escolas públicas (Moreira, 2021). A busca pelo engajamento do público-alvo se torna um desafio significativo devido à abstração da informação comumente apresentada nessas aulas (Moreira, 2021). Célebres indagações do tipo “para que serve isso mesmo?” ou “por que aprender esse tipo de assunto?” logo são ouvidas.

Não há mais espaço para respostas prontas que apenas reiterem a necessidade de memorizar para realizar avaliações escolares, vestibulares ou eventuais concursos (Moreira, 2021). Na verdade, atitudes como essas tem apenas o condão de afastar

prováveis entusiastas da Ciência, por esta ser a eles apresentada como algo complexo e enfadonho e, com isso, não se verem capazes de vislumbrar onde, de fato, seria possível se chegar a partir do conhecimento teórico.

O ensino da disciplina de Física exerce um papel fundamental na formação de indivíduos conscientes e críticos. Quando alinhado às demandas sociais, não apenas promove o avanço do conhecimento científico, mas também estimula a sensibilização e a conscientização em relação a questões pertinentes na sociedade. Para otimizar a eficácia do método de ensino, é crucial adotar uma abordagem mais contextualizada e relevante, considerando a realidade do dia a dia dos alunos (Jesus *et al.*, 2023).

Da mesma forma, não se concebe atualmente que a formação escolar seja ainda tão descasada da realidade, sem a consciência por parte dos estudantes dos papéis que a eles cabem, seja em seus lares ou na sociedade, fomentando o saber científico e combatendo a desinformação, sendo esta, como visto recentemente, capaz de produzir severos danos ao ambiente, à saúde e à vida humana como um todo (Chrispino *et al.*, 2013).

A partir das orientações propostas por Ausubel (2002) e Moreira (2006), pode-se inferir que a Teoria da Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, torna-se factível quando o professor, assumindo o papel de um investigador, reúne as essenciais condições para compreender tanto as fragilidades como, substancialmente, as potencialidades de seus discípulos.

Partindo-se do que já se faz presente nas estruturas cognitivas daqueles que aprendem, é factível se conferir determinado sentido aos conceitos científicos em estudo, podendo estes, portanto, virem a se tornar eventuais subsunçores, os quais servirão de alicerce para a carga cognitiva a ser suportada posteriormente (Silveira; Sousa; Moreira, 2011).

A motivação para a construção do presente trabalho surgiu do propósito de disseminar e promover a correspondente assimilação dos conhecimentos teóricos por parte dos aprendizes, mas também de capacitá-los para compartilhar esses conhecimentos com suas famílias e amigos. Além disso, busca-se estimular a adoção de novas atitudes, especialmente no que diz respeito à preservação do meio ambiente.

Para isso, foi idealizada uma SD, estruturada em aulas expositivas dialogadas, textos científicos e jornalísticos, apresentação de aplicativos de celular, além da

aplicação de avaliações de cunho diagnóstico e reativo, no âmbito de uma abordagem em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (Chispino *et al.*, 2013).

À vista disso, o objetivo deste artigo é, sobretudo, contribuir para que o ensino de Física, mais precisamente o de Termodinâmica, possa se tornar uma atividade mais natural e lúdica, tanto para o docente quanto para aquele que será contemplado com o aprendizado, de maneira precípua. Para isso, tenta-se demonstrar conexões com a realidade dos alunos, de forma a aproximar a Ciência de suas vidas, em um processo de concretização dos conteúdos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Não é de hoje que se alardeia, através de todos os meios possíveis, quanto à necessidade de preservação da natureza e as trágicas consequências da não obediência a esse preceito, devendo existir, nesse tocante, um verdadeiro pacto intergeracional, uma vez que as atuais gerações são responsáveis por garantir que as futuras possam usufruir de um meio ambiente saudável. Dada a importância do assunto, este geralmente é regulado nas Constituições dos mais diversos países.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O que muitas vezes não se leva em consideração sobre esse tema é que as Mudanças Climáticas não necessariamente fazem referência a algo danoso à vida. Pelo contrário, elas sempre estiveram presentes ao longo de toda a existência da Terra, como forma de criar as adequadas condições para que as mais variadas espécies pudessem se adaptar e se perpetuar (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Ao analisarmos o passado longínquo de nosso planeta, é possível se verificar que Mudanças Climáticas em escala geológica são parte de toda uma sistemática de evolução natural, tendo ocorrido ao longo de milhares de anos, com repetições em intervalos irregulares (Ambrizzi *et al.*, 2021).

Todavia, o que é motivo de grande preocupação por parte da comunidade científica, nos dias atuais, é a velocidade com que tais mudanças estão se dando, severamente influenciadas pela atividade humana, que gera, dia após dia, acentuada degradação ambiental sem precedentes (Silva, 2010).

Há, por conseguinte, uma intensa sobreposição à variabilidade climática natural, causando efeitos visíveis atribuídos de forma genérica à ação poluidora do homem, tais como o derretimento do Mar Ártico, das geleiras dos Andes e uma intensificação de eventos extremos, como furacões (Dias, 2006).

Para ilustrar os efeitos de tais degradações, foi pedido aos alunos que observassem a devastação vegetal ocorrida no município em que vivem, Quixadá-CE, e a seguir registrassem suas impressões a respeito. Isso foi possível através da ferramenta *Timelapse* do aplicativo de celular *Google Earth*, onde os mesmos puderam verificar um impressionante intervalo de 37 anos de transformações (1985-2022). De início, era maciça a cobertura vegetal ali existente, sendo que hoje ela foi quase que totalmente retirada para dar lugar, principalmente, a edificações.

Em sala de aula, deu-se maior ênfase aos fenômenos *El Niño*, *La Niña*, Efeito Estufa e Ondas de Calor, bastante difundidos pela mídia, por se entender que, em um primeiro momento, estariam mais relacionados à realidade do Sertão Central do Ceará, já que podem exercer forte influência sobre o clima local, sendo, em decorrência disso, sensíveis e observáveis (Rodrigues *et al.*, 2021).

Em linhas gerais, *El Niño* e *La Niña* são fenômenos antagônicos, ou seja, apesar de ambos se darem nas águas do Oceano Pacífico, no primeiro caso há o aquecimento anormal das mesmas, enquanto no segundo há o resfriamento, também de maneira não comum. Assim, em um intervalo irregular que pode ir de 2 a 4 anos (já tendo sido observados prazos mais dilatados), considerando-se especificamente o Brasil, o *El Niño* ocasiona intensas secas nas regiões Norte e Nordeste, ao passo em que são verificadas chuvas excessivas, com desastrosas enchentes, nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já em relação ao *La Niña*, há a inversão dos resultados entre as mesmas regiões (Rodrigues *et al.*, 2021).

Tais efeitos, apesar de intensos, são tidos como naturais. Entretanto, as correntes marítimas e a temperatura das águas do Pacífico e do Atlântico podem também estar sendo, ainda que lentamente, alteradas pelo Efeito Estufa, o que evidentemente acaba por repercutir no clima global (Rodrigues *et al.*, 2021).

Quanto ao Efeito Estufa, é possível se fazer uma analogia deste com uma estufa para plantas, que possui um teto de vidro. Esta cobertura permite a entrada da luz solar, porém não deixa que o calor saia na forma de radiação infravermelha. De forma semelhante, a atmosfera da Terra também deixa passar, significativamente, a luz solar e

retém boa parte da radiação infravermelha emitida de volta pela superfície do planeta (Rubino, 2010).

Por outro lado, uma Onda de Calor geralmente é definida como sendo uma temperatura externa bastante quente, que tem a duração de vários dias e está fora da faixa normal das mensurações anteriormente obtidas para aquele ambiente. As Ondas de Calor têm o potencial de provocar impactos significativos na saúde da população, podendo, inclusive, em casos extremos, causar óbitos. As consequências mais comuns são exaustão, edemas, câibras, síncope e insolação, relacionadas a acidentes vasculares cerebrais agudos, agravamento de condições pulmonares crônicas, doenças cardíacas, distúrbios renais e doenças psiquiátricas (Guo *et al.*, 2018).

Resumidamente, em todos esses processos as mudanças de fase da água revelam uma particularidade da atmosfera da Terra, que atua como uma imensa máquina térmica natural, de modo que são regidas pela Primeira e Segunda Leis da Termodinâmica. A atmosfera, continuamente, promove a circulação do ar entre os trópicos quentes e os polos frios, passando pelas latitudes médias, na forma de células de circulação e frentes frias e quentes, e, com isso, provocando instabilidades no tempo (Dias, 2006).

Assim, o presente e o passado são usados por leis, tanto da Mecânica dos Fluidos quanto da Termodinâmica, para prever o futuro, dadas algumas condições de contorno, tais como a cobertura da superfície, seja ela realizada através da água, de florestas, desertos, entre outros. Por sua vez, o Sol, em relação às transformações necessárias, fornece a energia para tanto, de modo que a transferência desta na atmosfera decorre da capacidade de absorvê-la ou refleti-la, o que se altera de acordo com a respectiva composição atmosférica (Dias, 2006).

E essa discussão sobre a reversibilidade ou não dos acontecimentos nocivos ao meio ambiente e à vida é, ao mesmo tempo, preocupante e necessária, sendo salutar que seja feita em sala de aula, como componente curricular da disciplina de Física, assim como de outras Ciências e áreas afins, já que se trata do futuro da espécie humana e de todo o planeta Terra.

Primeiramente, é imprescindível que este trabalho transcenda a abordagem meramente jornalística, buscando agregar conhecimento científico essencial. A fundamentação adequada, respaldada pela Física, é crucial para a exposição dos principais conceitos e aplicações físicas envolvidos nesse contexto.

Nesse diapasão, no campo de estudo da Termodinâmica, as principais terminologias apresentadas aos estudantes foram: calor, energia, trabalho, temperatura, entropia, entre outros. Fez-se preciso, também, que se dedicasse uma aula exclusivamente para a exposição e o debate acerca das Leis da Termodinâmica.

Justifica-se, com isso, a indissociabilidade de todas essas definições, não somente no mundo físico, mas também em sala de aula, a fim de serem melhor absorvidas pelos discentes, sob pena destes não conseguirem compreender, em toda a sua extensão, a presença da Termodinâmica nos acontecimentos conexos com as Mudanças Climáticas percebidas na Terra.

Simplificando algo bastante complexo, em especial quando se trata de uma área que lida com descrições não apenas macroscópicas, como também microscópicas, através de um enfoque estatístico de sistemas, em distinção às implicações oriundas da Mecânica e do Eletromagnetismo, por exemplo, já que inserida a possibilidade de irreversibilidade de eventos, a Termodinâmica trata dos eventos relacionados à temperatura e ao calor (Nussenzveig, 2014).

A ABORDAGEM CTSA

Os estudos referentes à interseção entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), embora não sejam recentes, remontam aos anos finais da década de 1960 e início de 1970. Esses estudos surgiram como resposta à insatisfação de parte da comunidade acadêmica com a abordagem então predominante da Ciência e da Tecnologia, que negligenciava a consideração adequada dos problemas sociais, políticos, ambientais e econômicos associados ao avanço científico-tecnológico e suas implicações na sociedade até aquele momento. No Brasil, foi possível perceber maior intensidade em sua utilização em meados dos anos 1990 (Chispino *et al.*, 2013).

Nesse tocante, a construção deste artigo, edificada sobre tal abordagem CTSA, tem, no aspecto científico, a Física como elemento promotor do conhecimento, com a fundamentação teórica necessária para a compreensão dos fenômenos envolvidos, especialmente no campo da Termodinâmica.

Aqui, é pertinente mencionar que várias outras disciplinas, como Biologia, Química, Geografia, Sociologia, entre outras, podem ser aplicadas, como compreendido pelos estudantes na Avaliação Diagnóstica, o que evidencia o nível de

multidisciplinaridade e interdisciplinaridade inerente ao tema, em conformidade com os princípios da perspectiva CTSA.

No que concerne à Tecnologia, foi aproveitado o grande envolvimento dos jovens de hoje com os *smartphones* e respectivos aplicativos, de forma que tais recursos se tornaram uma peça lúdica importante no processo, um elemento capaz de cooptar a curiosidade e o interesse dos estudantes.

Por outro lado, para que fosse contemplado o tópico sociedade, foi essencial uma preocupação holística, que se iniciou com a escolha do tema, cujas causas e efeitos estão intrinsecamente relacionados à condição de cidadão de cada um. Não há mais como se compreender uma educação dissociada da realidade, que não inclua o que se vivencia, que não traga parâmetros e diretrizes para uma vida melhor para todos.

Por fim, o aspecto ambiental foi amplamente incorporado a esta elaboração, uma vez que as Mudanças Climáticas estão hoje no topo de qualquer discussão sobre meio ambiente. Já se sente, com maior veemência, os efeitos danosos de más práticas, que culminaram em uma acentuada degradação da biosfera da Terra. E nada melhor do que engajar aqueles que são o nosso futuro na luta pela reversão desta triste verdade.

METODOLOGIA

A presente pesquisa efetuou uma abordagem qualitativa com propósito exploratório. Utilizando o método de estudo de caso, foi desenvolvida uma SD para estabelecer conexões entre os efeitos termodinâmicos associados às Mudanças Climáticas, tanto globais quanto regionais, dentro do contexto.

Este estudo foi conduzido em uma turma da disciplina eletiva Clube de Ciências, composta por estudantes de todas as séries do Ensino Médio, com idades entre 15 e 17 anos, em uma escola pública de tempo integral. Está situada em Quixadá, no estado do Ceará, atendendo à sede deste município e a seus distritos. A coleta dos dados em questão ocorreu através das respostas de 17 discentes, que participaram de todas as etapas da aplicação da presente SD, a questionários de teor diagnóstico e de resultado.

Em pesquisas qualitativas de natureza exploratória, os pesquisadores se dedicam a compreender amplamente o contexto e o ambiente nos quais os participantes estão imersos. Esse tipo de abordagem investigativa busca mergulhar nas experiências, percepções e nuances do ambiente em estudo, permitindo uma compreensão mais

profunda e holística dos elementos que influenciam as interações e comportamentos dos envolvidos (Elias; Zoppo; Gilz, 2020; Sousa; Santos, 2020).

A pesquisa exploratória é o primeiro mergulho em direção à compreensão de um fenômeno específico que está sob estudo. Ela se dedica a uma aproximação inicial desse fenômeno para identificar suas nuances, particularidades e traços distintivos. Durante essa fase, uma série de estratégias é planejada, desenvolvida e implementada para se aproximar do contexto real do estudo, explorando-o por meio de diversas perspectivas relevantes ao problema ou objeto analisado (Martelli *et al.*, 2020; Bonin, 2011). Em tal contexto, as fases da pesquisa envolvem tanto a revisão bibliográfica quanto a coleta de informações sobre a aprendizagem dos alunos, utilizando métodos e critérios que buscam uma representação fiel da realidade do objeto estudado.

O estudo de caso se estrutura por meio da delimitação do problema a ser investigado, o planejamento da pesquisa, a coleta e a análise de dados, seguidos pela composição e apresentação dos resultados. Em estudos focados em um único caso, é possível uma descrição simplificada, frequentemente incluindo tabelas, gráficos ou imagens representativas (Santos; Brandão, 2020).

Com essa finalidade, as perguntas objetivas dos questionários Pré-Teste e Pós-Teste tiveram alternativas graduadas, em regra, segundo a escala Likert, dada a pertinência, utilizando-se um intervalo de cinco níveis, incluindo situações bastante positivas (5) ou muito negativas (1), nas extremidades, além de opções moderadas ou neutras entre ambas. O Pré-Teste foi composto por duas perguntas objetivas (P1 e P2), enquanto o Pós-Teste por sete perguntas de mesma categoria (P3 a P7). O Quadro 1 apresenta as perguntas, seus respectivos códigos, as médias relativas à escala Likert e a variância associada.

Após serem coletados os dados, foram realizados os cálculos das medidas de tendência central, como a média, para fornecer uma visão resumida da distribuição dos dados obtidos. Adicionalmente, chegou-se a medidas de dispersão, incluindo a variância, para que fosse avaliada a variabilidade desses dados. Para uma exploração mais profunda dos padrões e tendências presentes, utilizou-se uma gama de técnicas de análise exploratória, o que incluiu a criação de gráficos de barras, os quais proporcionaram uma visualização clara da distribuição das respostas em cada item do questionário.

Quadro 1: Frequência das perguntas e respostas do Pré-Teste.

Código da pergunta	Pergunta	Média	Variância
P1	Assinale, dentre as opções abaixo, aquela que mais se adequa ao seu nível de conhecimento sobre Termodinâmica.	1,35	0,61
P2	Assinale, dentre as opções abaixo, aquela que mais se relaciona ao seu grau de conhecimento sobre Mudanças Climáticas.	2,29	0,77
P3	A partir do que foi visto em sala de aula sobre “A relação entre a Termodinâmica e as Mudanças Climáticas globais e regionais”, assinale, dentre as opções abaixo, aquela que mais se adequa ao seu nível de aprendizado sobre os temas abordados.	3,18	1,08
P4	Como você avalia a relevância dos conteúdos ministrados sobre “A relação entre a Termodinâmica e as Mudanças Climáticas globais e regionais”?	3,91	0,94
P5	Em uma escala de satisfação de 1 a 5, o quanto você se interessou pelas aulas ministradas sobre o tema?	4,09	0,83
P6	Diante do que você vivenciou nestas aulas, quão motivado(a) você se sente a mudar algum comportamento, dentre os vistos na “Calculadora de Carbono”, de maneira a contribuir para uma vida mais saudável no planeta?	2,82	0,98
P7	Você acharia interessante ver mais temas do seu cotidiano tratados nas disciplinas da escola, especialmente no campo das Ciências?	3,91	0,70

Fonte: Autoria própria (2024).

Além das técnicas tradicionais, foi empregada a linguagem de programação *Python* para conduzir análises complementares, como a obtenção da matriz de correlação. Esta matriz foi representada visualmente por meio de um *heatmap*, permitindo a identificação e a compreensão das relações entre as diferentes variáveis medidas pelo questionário de forma mais clara e intuitiva (Silva *et al.*, 2023).

A fim de que se pudesse chegar às percepções aqui descritas, percorreu-se sobre conceitos fundamentais da Termodinâmica, já catalogados em forma de livros e artigos científicos. Em relação às Mudanças Climáticas, tema bastante propagado na atualidade, como forma de tornar a Ciência mais próxima daqueles que a aprendem, promoveu-se a leitura e o estudo de matérias jornalísticas, além de publicações avulsas, principalmente as disponibilizadas por meio da rede mundial de computadores, que envolvessem o tema em discussão.

Nesse contexto, foi realizada a conexão destes assuntos com a utilização de aplicativos de celular, como o *Google Earth*, de propriedade da *Google* e disponível gratuitamente nas lojas virtuais para *smartphones*, bem como a “Calculadora da Pegada de Carbono”, que também está disponível sem qualquer custo, entre outras plataformas, no portal eletrônico de notícias g1.

Como exemplo de textos jornalísticos utilizados, está o intitulado “Onda de calor afetará o Brasil nesta semana, incluindo três estados do Nordeste”, publicado em 18/09/2023, no sítio do jornal Diário do Nordeste. Em tal publicação, foi dada ênfase àquele período, em que se observou temperaturas elevadas em muitos estados brasileiros, elencando possíveis causas, os efeitos observados e esperados, além de alertar para a necessidade de cuidados extras com a saúde (Diário do Nordeste, 2023).

Por outro lado, no que tange à utilização dos resultados advindos da pesquisa e respectivas conclusões, dar-se-á de maneira analítica e crítica, de forma a contribuir, localmente, com a melhoria do ensino de Física em escolas públicas e a divulgar a abordagem CTSA como ferramenta para aulas mais inovadoras e instigantes.

O desenvolvimento da SD foi fundamentado nos aportes teóricos da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2002) e da SD de Zabala (1998). Na teoria da Aprendizagem Significativa, há uma clara ênfase no conceito de subsunçor, como proposto por Ausubel (2002). Para ele, os subsunçores representam estruturas cognitivas pré-existentes nos indivíduos, funcionando como âncoras que os alunos utilizam para compreender e integrar os novos conhecimentos apresentados durante o processo educacional, o qual pode ser equiparado a uma ancoragem real, onde os estudantes se apoiam nos subsunçores para facilitar a compreensão e assimilação dos conteúdos subsequentes (Moreira, 2021).

Para identificar possíveis conhecimentos prévios, utilizou-se a Avaliação Diagnóstica, conhecida como Pré-Teste. Essa avaliação fornece ao professor *insights* fundamentais para criar um plano de aula adaptado ao contexto específico dos alunos de uma turma. Dessa forma, é possível adequar o ensino de acordo com as necessidades e características dos aprendizes.

Por conseguinte, é interessante que o professor colete informações acerca dos conhecimentos prévios dos seus estudantes, de modo que possa, após conhecê-los, analisá-los e, conseqüentemente, ensiná-los conforme o que se colheu de informações, em processo que melhor se amolda ao contexto educacional dos envolvidos, podendo lograr maior êxito (Ausubel, 2002).

Em análogo pensamento, a aplicação da Avaliação de Resultados (Pós-Teste), ao final da SD, objetivou a verificação daquilo que realmente foi aprendido pelos estudantes, tendo sido também tal avaliação essencial para se atestar se a SD em questão realmente havia sido bem-sucedida.

Com a finalidade de aperfeiçoar o processo de ensino e aprendizagem acerca dessa temática, foi planejada e elaborada uma SD constituída por sete etapas, conforme ilustrado na Figura 1. Cada etapa foi executada durante uma aula de 50 minutos. Na ocasião, foram realizadas atividades envolvendo conceitos físicos, climáticos, dados estatísticos, observações geográficas e textos jornalísticos. Essas atividades foram desenhadas para promover discussões que estimulem o desenvolvimento do pensamento crítico e reflexivo nos estudantes, visando despertar a consciência deles, em conjunto com uma habilidade correspondente, sobre seu papel na sociedade.

Nesse sentido, a SD tem o condão de promover a necessária facilitação e intermediação do processo de ensino e aprendizagem, sendo, portanto, um rol de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas que conduzem à realização de certos objetivos educacionais, cujo princípio e fim são conhecidos por professores e por alunos (Zabala, 1998).

Naturalmente, para uma melhor e mais eficaz atuação docente, há que se levar em consideração a indissociabilidade do planejamento e da avaliação dos processos educacionais, uma vez que a intervenção pedagógica, assim como tudo aquilo que vem a ocorrer em sala de aula, precisa ser analisada de forma a contemplar as intenções, as previsões, as expectativas e a Avaliação de Resultados (Zabala, 1998).

Figura 1. Etapas da sequência didática desenvolvida.



Fonte: Autoria própria (2024).

Com a finalidade de serem extraídos os subsídios necessários para uma melhor aprendizagem por parte dos alunos, empregou-se o questionário de Avaliação Diagnóstica, o qual relacionou os princípios norteadores deste artigo: a Termodinâmica, as Mudanças Climáticas e a abordagem CTSA.

Nesse instrumento, que se deu através de respostas manuscritas, foram selecionadas duas perguntas objetivas (P1 e P2), tanto sobre Termodinâmica quanto Mudanças Climáticas, explorando a conexão entre ambas e o possível interesse dos aprendizes sobre isso. Ao todo, 17 alunos participaram da atividade.

Em uma construção análoga, é essencial que o estudante compreenda que cada uma de suas respostas constitui a formulação de uma hipótese, a qual pode ser reestruturada para dar origem a novas hipóteses. Esse processo é sustentado pelo aprendizado de outros conceitos científicos, resultando na consolidação de novos subsunçores. Essa compreensão permite ao docente formular novos questionamentos, garantindo que o diagnóstico seja eficaz nos aspectos específicos que se deseja aprofundar no conhecimento dos discentes (Silveira; Sousa; Moreira, 2011).

Por fim, ao final da SD desenvolvida, foi solicitado aos discentes que respondessem a um outro questionário, agora de mensuração de resultados, o qual teve como premissa aferir o que foi entendido sobre todo o assunto tratado, bem como a relevância deste, doravante, para a vida de cada um. Em consonância com a primeira aplicação, esta avaliação se deu de forma manuscrita, contando com cinco questões objetivas (P3 a P7), com a participação dos mesmos estudantes.

RESULTADOS

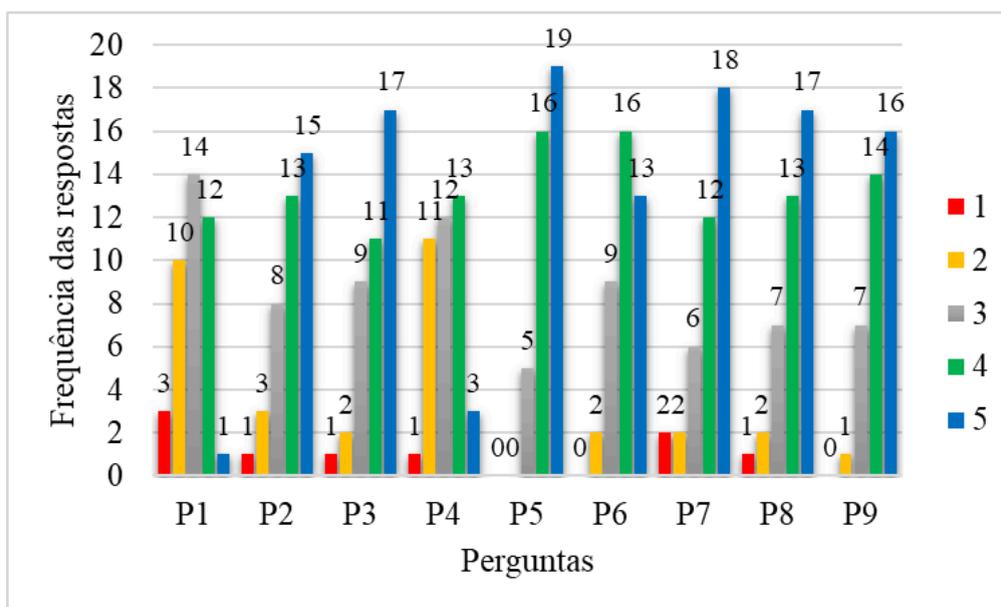
Tendo em vista o conteúdo das respostas fornecidas pelos discentes, a Figura 2 exibe a distribuição de suas respostas em relação à escala Likert, que varia de 1 a 5, representando diferentes níveis de concordância/relevância. Neste sentido, as amostras oriundas de algumas das perguntas mais importantes dos questionários inicial e final passaram a compor as respectivas representações gráficas.

O eixo horizontal do gráfico representa as perguntas objetivas do questionário, de P1 a P7, enquanto o eixo vertical ilustra a frequência ou contagem de respostas para cada nível na escala Likert, representado pelas cores variadas. No gráfico de frequência, é possível visualizar a quantidade de respostas atribuídas a cada opção da escala Likert. As barras apresentam visualmente a frequência de respostas em cada categoria,

destacando os níveis que possuem uma maior concentração de votos para as perguntas P1 a P7, conforme indicado no Quadro 1.

Ao examinarmos as médias alcançadas, notamos uma amplitude nas pontuações, variando entre 1,35 e 4,09. Estes valores estão situados numa escala de 1 a 5, onde números mais altos denotam maior concordância com as declarações apresentadas. Através dessas médias, podemos discernir quais aspectos foram classificados com as pontuações mais elevadas e mais baixas pelos estudantes. Ao analisar as variâncias apresentadas, é evidente que as respostas às perguntas variam de 0,61 a 1,08, cujo intervalo reflete o grau de afastamento ou proximidade das respostas em relação à média, destacando a amplitude da diversidade ou consistência nas respostas dos alunos. Valores mais próximos de 1,08 indicam maior dispersão em relação à média, enquanto os mais próximos de 0,61 apontam para uma tendência de uniformidade ou consistência nas avaliações dos estudantes.

Figura 2: Distribuição das respostas dos alunos quanto às perguntas P1 a P7.



Fonte: Autoria própria (2024).

Nesse ponto, verifica-se que, para que esse resultado fosse atingido, foi preciso não apenas a utilização dos subsunçores descobertos a partir do questionamento realizado, como também a utilização de organizadores prévios, também elencados por Ausubel na Aprendizagem Significativa, funcionando como facilitadores desta. Para a produção deste artigo, foram utilizadas com esta finalidade, entre outros materiais,

notícias jornalísticas, que puderam servir como elo entre o que o aprendiz já sabia e o que se esperava que aprendesse (Moreira, 2021).

É possível se perceber que o objetivo de proporcionar aprendizado aos alunos foi satisfatoriamente atingido, já que mais de 81% dos entrevistados afirmaram ter alcançado, ao menos, um razoável nível de entendimento a respeito dos assuntos estudados (sendo que os outros dois alunos objeto da ação também afirmaram ter aprendido a respeito, ainda que pouco). Isto em contrapartida a apenas 5,88% na indagação P1, que buscava evidenciar o que o entrevistado sabia a respeito no momento da Avaliação Diagnóstica.

A justificativa da escolha pela inserção da P1 e da P2 na Avaliação Diagnóstica encontra-se nos estudos de Ausubel, uma vez que, na visão dele, aquilo que o aluno já sabe, o subsunçor, é o fator que, isoladamente, mais tem o potencial de influenciar a aprendizagem de modo geral, cabendo ao docente o papel de identificá-lo e, assim, conduzir o processo conforme tal informação (Moreira, 2021).

O que torna mais preocupante a realidade sobre o grau de aprendizagem dos alunos de escolas públicas, no entanto, é que perguntas como a P2, tratando de um tema extremamente relevante, necessário e atual encontrou, na Avaliação Diagnóstica, apenas os mesmos 5,88% de alunos com um conhecimento bom, pelo menos, a respeito.

Em que pese a revelação de um subsunçor ser o ponto alto do processo de aprendizagem para Ausubel, há que se levar em consideração, ainda, que os saberes prévios passam por um processo de interação com os novos conteúdos através de um evento denominado assimilação, de forma que o produto final conterà a soma de um novo subsunçor e daquilo que se aprendeu, ambos modificados pelo decorrer da sistemática (Moreira, 2021).

Após a vivência das aulas atinentes, percebeu-se uma mudança de ponto de vista pelos aprendizes, dada a conscientização que se buscou desenvolver em cada um deles, salutar para a construção de uma sociedade melhor, sob vários aspectos. Assim, quando a interpelação se deu nos termos da P4, 90,91% afirmaram reconhecer, ao menos de modo razoável, a importância da exposição sobre a relação entre a Termodinâmica, uma área da Física, e as Mudanças Climáticas.

Uma das ideias provenientes da educação CTSA é a promoção da aprendizagem inclusiva, que também está bastante presente na teoria de Ausubel, ocupando o topo da hierarquia da organização cognitiva do estudante, já que capaz de promover a interação

e a assimilação de outras ideias e conceitos por meio de situações do cotidiano, da realidade social de cada um, considerando não apenas partes isoladas de áreas do conhecimento, desconexas, mas sim integradas para garantir uma melhor compreensão (Moreira, 2021).

Em consonância com o anteriormente referido, o que se extraiu da P5 foi a compreensão de que, de fato, a relevância da temática contribuiu com 36,36% para o interesse dos alunos. Por outro lado, outros 36,36% entenderam que a possibilidade de promover a respectiva aplicação em suas realidades teria uma importância maior. Já 27,27%, creem que a abordagem empregada revela maior significância.

Aqui, os discentes não atribuíram maior importância aos subsunçores que eventualmente já possuíssem, mas sim às estratégias de ensino e aprendizagem baseadas nos organizadores prévios, com a relevância que o tema assumiu para eles, a forma como se deu a abordagem e, principalmente, o fato de ser exequível em suas respectivas realidades (Moreira, 2021).

Considerando a questão P6, cerca de 63,64% dos participantes demonstraram um nível razoável de motivação. É importante ressaltar que a mudança de hábitos, embora seja um processo sistemático e contínuo, tende a gerar resultados mais positivos a longo prazo. É essencial lembrar que estamos lidando com um ciclo de apenas sete aulas, o que pode limitar o impacto imediato, mas oferece a oportunidade de serem estabelecidas bases para transformações futuras mais significativas.

Para se ter ideia do quão desafiador é para um jovem alterar uma atitude que esteja acostumado a praticar ou de que goste, é preciso se reforçar que alguns dos questionamentos presentes na ferramenta “Calculadora de Carbono”, disponível no portal eletrônico g1 e de forma similar em inúmeros outros meios, consideram o consumo de determinados alimentos, como os de origem animal (carne e ovos, por exemplo); se o lixo pessoal do respondente é reciclado e/ou compostado; se, para compensar as emissões de carbono, há, como contrapartida, o plantio de árvores.

Apesar da dificuldade envolvida em tais modificações, com o apoio de todas as esferas de educação (federal, estadual e municipal), em várias áreas do conhecimento, impulsionando ações voltadas a incentivar os estudantes a incorporarem práticas sustentáveis, é perfeitamente factível se construir uma nova imagem, formada por discentes motivados e bastante motivados, de acordo com a escala Likert.

Outrossim, ainda se está diante de uma sistemática ainda pouco difundida e aplicada que, para produzir melhores e mais contundentes resultados, precisa de maior incentivo de profissionais de outras áreas do conhecimento também, de maneira que os estudantes possam adquirir, durante sua vida escolar, capacidades que serão fundamentais para que consigam interpretar questões ligadas aos impactos sociais decorrentes da Ciência e da Tecnologia, com relação à qualidade de vida de toda a sociedade (Chrispino *et al.*, 2013).

Um dos objetivos da educação fundada nos preceitos CTSA é, indubitavelmente, a compreensão da Ciência e da Tecnologia em seu aspecto social, o que leva a que ambas sejam apresentadas de maneira interdisciplinar e contextualizada. Portanto, ainda há muito a se obter das áreas originadoras da CTSA, como Filosofia, Sociologia, História, Política, além de diversas outras (Chrispino *et al.*, 2013).

Abre-se, aqui, um imenso campo de possibilidades para aplicação da abordagem CTSA no ensino de inúmeras disciplinas além da Física, sendo Biologia, Química e Geografia apenas exemplos. Longe de se flertar com a utopia, mas não seria nenhum absurdo se imaginar a revolução que atitudes como esta poderiam provocar na educação.

No último questionamento da Avaliação de Resultados, foi levantada uma análise da metodologia adotada, focada em sua capacidade de facilitar a compreensão do conteúdo e sua relevância no dia a dia dos estudantes. De maneira unânime, a referida metodologia foi aprovada, em concordância com a média das perguntas P5 e P7, que apresentaram médias 4,09 e 3,91, respectivamente.

A representação gráfica da matriz de correlação em formato de *heatmap* oferece uma visão visualmente impactante das relações entre variáveis ou perguntas. Cada célula na matriz é colorida de acordo com o valor da correlação associada, como demonstrado no Gráfico 2. Esse tipo de representação é importante para identificar padrões e interdependências entre as variáveis, permitindo uma análise mais abrangente e intuitiva dos dados coletados (Silva, 2021).

O *heatmap* na Figura 3 oferece uma visão abrangente das correlações entre as perguntas, em que a intensidade da cor vermelha na escala de cores reflete o grau de correlação. Após a análise dos dados, notou-se que as perguntas P2 e P3 exibem uma correlação fraca, de -0,34, indicando um impacto negativo nessas áreas específicas. É interessante observar que P2 e P3 são, essencialmente, a mesma pergunta, porém em

contextos diferentes – Pré e Pós-Teste – sugerindo que, antes da SD, os alunos possuíam um conhecimento limitado sobre o tema, enquanto após a aplicação da metodologia houve uma melhora significativa no aprendizado.

Figura 3: Matriz de correlação entre as perguntas P1 a P7.



Fonte: Autoria própria (2024).

Na Aprendizagem Significativa, o conteúdo deve ser apresentado não somente com a preocupação de ser aderente aos subsunçores existentes nos aprendizes. Para além disso, deve ser compreendido que a experiência cognitiva também é composta por um processo de interação, através do qual conceitos mais relevantes e inclusivos, ao se relacionarem com o novo material, acabam por funcionar como um verdadeiro ancoradouro (Moreira, 2021).

Logo, um dos propósitos fundamentais da produção e aplicação da SD foi alcançado: o aumento do interesse dos alunos nas aulas. Ou seja, estes receberam de maneira muito positiva a perspectiva como os conteúdos foram aglutinados, concatenados e expostos ao longo das sete aulas. Foi garantida a motivação para aprender mais acerca de tais temas, ainda que, em alguns poucos casos, não tenha se dado o aprendizado esperado, podendo, entretanto, haver um reforço pontual em momentos posteriores, de modo a se obter um nivelamento mais eficaz da turma.

CONCLUSÃO

Como reconhecido pelos discentes, o estudo da Termodinâmica em consonância com as Mudanças Climáticas mostrou-se muito pertinente, dada, principalmente, a importância que estas últimas assumem no contexto global de hoje, onde todas as ações, mesmo as pequenas e corriqueiras, devem ser analisadas sob o paradigma da sustentabilidade. Atualmente, a pauta ambiental está presente em todas as grandes discussões e fóruns por todo o mundo, havendo uma preocupação por parte de muitos países de inseri-la em suas respectivas legislações e Constituições.

Para tanto, a teoria da Aprendizagem Significativa serviu como base para a execução desta sequência didática, além de propiciar as condições necessárias para o planejamento e aplicação do conteúdo, possibilitando que se aferisse adequadamente a assertividade da proposta de ensino, de um modo objetivo e eficaz.

O embasamento teórico para os conceitos termodinâmicos, de grande importância para o ensino de Física, foi fundamental para que as aulas, apesar do cunho inovador, não perdessem também o caráter conteudista, tão essencial para preparar os alunos para a vida e para os exames teóricos a que possam se submeter.

Noutro ponto, a pesquisa acerca das Mudanças Climáticas, especialmente do Efeito Estufa, *El Niño*, *La Niña* e Ondas de Calor, demonstrou a existência prévia de estudos expressivos acerca de efeitos termodinâmicos em tais fenômenos.

A abordagem CTSA, por outro lado, trouxe os aspectos da multidisciplinaridade e da interdisciplinaridade, como também da necessidade de contextualização do ensino de Ciências, que combatem a excessiva abstração deste quando ministrado sob o prisma didático tradicional. Apesar de já presente no Brasil desde o início dos anos 1990, ainda há muito campo a ser explorado nesta área.

Espera-se que este artigo possa trazer sua contribuição no incentivo à adoção de metodologias de aprendizagem semelhantes, aliadas às expositivas dialogadas, na busca pela redução da evasão escolar, sobretudo em disciplinas tidas como mais complexas, como a Física. É razoável convir que outros temas cotidianos, de análoga relevância, podem ser objeto de aplicação em sala de aula por meio de sistemática semelhante.

Por todo o exposto, entende-se que uma sociedade mais consciente, justa e sabedora de seus direitos e responsabilidades, capaz do exercício do pensamento crítico

e holístico, somente se constrói a partir de crianças, adolescentes e jovens que são instados a isso, sendo que não há palco mais adequado para tanto do que a escola.

AGRADECIMENTO

Este trabalho foi conduzido com o apoio da FUNCAP, por meio do edital Pró-Humanidades 2023, e da CAPES, código de financiamento 001.

REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, Tércio *et al.* **Mudanças Climáticas e a Sociedade**. São Paulo - Sp: Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Usp, 2021. 44 p. Disponível em: <https://www.climaesociedade.iag.usp.br/livreto.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2023.

AUSUBEL, David Paul. **Adquisición y Retención del Conocimiento: una perspectiva cognitiva**. Barcelona: Paidós, 2002. p. 25-48.

BONIN, Jiani A. **Pesquisa exploratória**. Separata de: MALDONADO, A. E *et al.* Metodologias de Pesquisa em Comunicação. 2ª. ed. Porto Alegre: Meridional, 2011. cap. Revisitando os bastidores da pesquisa: Práticas metodológicas na construção de um projeto de investigação, p. 19-41.

CHRISPINO, Alvaro *et al.* A área CTS no Brasil vista como rede social: onde aprendemos?. **Ciência & Educação** (Bauru), [S.L.], v. 19, n. 2, p. 455-479, 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1516-73132013000200015>.

DIÁRIO DO NORDESTE (Ceará). Onda de calor afetará o Brasil nesta semana, incluindo três estados do Nordeste. 2023. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ultima-hora/pais/onda-de-calor-afetara-o-brasil-nesta-semana-incluindo-tres-estados-do-nordeste-1.3419050>. Acesso em: 19 set. 2023.

DIAS, Maria Assunção Faus da Silva. Efeito estufa e mudanças climáticas regionais. **Revista Usp**, [S.L.], n. 71, p. 44-51, 1 nov. 2006. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i71p44-51>.

ELIAS, Ana Paula de Andrade Janz; ZOPPO, Beatriz Maria; GILZ, Claudino. CONCEPÇÕES DOCENTES QUANTO AOS PROCESSOS DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES: UM ESTUDO EXPLORATÓRIO. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 29, n. 57, p. 29-44, jan. 2020. Epub 16-Dez-2020. <https://doi.org/10.21879/faeeba2358-0194.2020.v29.n57>. p29-44.

FREITAS, José Vicente de; LESTINGE, Sandra Regina; RIBOMBO, Grupo de Pesquisa. Apresentação do Dossiê Fenômenos ambientais costeiros em tempos de mudanças ambientais globais. **Ambiente & Educação**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 3-8, 21 jan. 2021. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ambeduc.v25i3.12529>.

G1 (Brasil). Calculadora de Carbono. 2021. Disponível em: <https://especiais.g1.globo.com/meio-ambiente/calculadora-emissoes-carbono/>. Acesso em: 26 set. 2023.

GOOGLE. Google Earth. 2001. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/>. Acesso em: 26 set. 2023.

GUO, Yuming *et al.* Quantifying excess deaths related to heatwaves under climate change scenarios: a multicountry time series modelling study. **Plos Medicine**, [S.L.], v. 15, n. 7, 31 jul. 2018. Public Library of Science (PLOS). <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1002629>.

JESUS, Thiago Auer Camilo de *et al.* Ensino de Física e Ciência Cidadã na compreensão das mudanças climáticas por meio do estudo da vazão de um córrego da Mata Atlântica. **Revista de Enseñanza de La Física**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 39-52, 16 jun. 2023. Universidad Nacional de Cordoba. <http://dx.doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n1.41389>.

MARTELLI, Anderson *et al.* Análise de Metodologias para Execução de Pesquisas Tecnológicas / Analysis of Methodologies for Carrying out Technological Research. **Brazilian Applied Science Review**, 4(2), 468–477. <https://doi.org/10.34115/basrv4n2-006>.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de Aprendizagem**. 3. ed. Rio de Janeiro-Rj: Ltc, 2021. 230 p.

MOREIRA, Marco Antonio. **A Teoria da Aprendizagem Significativa e sua implementação em sala de aula**. 3. ed. Brasília: Editora da Unb, 2006. 186 p.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor (Volume 2)**. 5. ed. São Paulo: Blucher, 2014. 375 p.

RODRIGUES, Bruno Dias *et al.* UMA ANÁLISE SOBRE AS CHUVAS NO CEARÁ BASEADA NOS EVENTOS DE EL NIÑO, LA NIÑA E NO DIPOLO DO SERVAIN DURANTE A ESTAÇÃO CHUVOSA. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-Pr, v. 28, n. 17, p. 507-519, 10 maio 2021. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/rbclima.v28i0.76238>. Acesso em: 28 nov. 2023.

RUBINO, Leandro Nascimento. **A Física envolvida no fenômeno do efeito estufa – uma abordagem CTS para o Ensino Médio**. 2010. 98 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2010_Leandro_Rubino/dissertacao_Leandro_Rubino.pdf.pdf. Acesso em: 22 nov. 2023.

SANTOS, Priscila V.; BRANDÃO, Gisllayne C. A. Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição. **Ciência & Educação** (Bauru), v. 26, p. e20046, 2020. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200046>.

SILVA, Marcelo M.; FEITOSA, Carlos E. A.; CASTRO, Antonio J. R.; NUNES, M. Simone M. Ensino de Programação com Aprendizagem Cooperativa: Um Relato de Experiência. In: **WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE)**. 2023. Passo Fundo/RS. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 624-635. <https://doi.org/10.5753/wie.2023.235200>.

SILVA, Celmar G. Visualization research at the software engineering and information systems laboratory (seis). In: **Anais Estendidos do XXXIV Conference on Graphics, Patterns and Images**, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC, p. 244–247, 2021. <https://doi.org/10.5753/sibgrapi.est.2021.20047>.

SILVA, Wendell Teixeira da. **AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS E OS CICLONES TROPICAIS COMO UMA PROPOSTA DE ENSINO DE TERMODINÂMICA E DINÂMICA DOS FLUIDOS**. 2020. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/220425>. Acesso em: 13 set. 2023.

SILVEIRA, Felipa Pacifico Ribeiro de Assis; SOUSA, Célia Maria Soares Gomes de; MOREIRA, Marco Antonio. UMA AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA PARA O ENSINO DA ASTRONOMIA. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, [S.L.], n. 11, p. 45-62, 1 jul. 2011. Revista Latino-Americana de Educacao em Astronomia - RELEA. <http://dx.doi.org/10.37156/relea/2011.11.045>.

SOUSA, José Raul de; SANTOS, Simone C. M. Análise de conteúdo em pesquisa qualitativa: modo de pensar e de fazer. **Pesquisa E Debate Em Educação**. v. 10, n. 2, p. 1396–1416, 2020. <https://doi.org/10.34019/2237-9444.2020.v10.31559>.

SOUZA, Igor Padilha de *et al.* Educação ambiental e seus desafios no ensino superior: um estudo de caso do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Campus Bragança. **Ambiente & Educação**, [S.L.], v. 24, n. 1, p. 32-53, 28 maio 2019. Lepidus Tecnologia. <http://dx.doi.org/10.14295/ambeduc.v24i1.6845>.

ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224 p.